

66

**Circular  
Técnica**

*Pelotas, RS  
Dezembro, 2008*

#### Autor

Luis Henrique Gularte  
Ferreira  
Eng. Agrôn., M. Sc.,  
Pesquisador do Convênio  
Petrobras/Embrapa/Fapeg  
Cx. Postal 403  
96001-970 - Pelotas, RS  
(bage@cpact.embrapa.br)

Algenor da Silva Gomes  
Eng. Agrôn., M. Sc.,  
Embrapa Clima Temperado  
(algenor@cpact.embrapa.br)

Carlos Augusto Posser  
Silveira  
Eng. Agrôn., Dr.,  
Embrapa Clima Temperado  
(guto@cpact.embrapa.br)

## Fosfatos Naturais na Adubação de Sistema de Culturas de Verão com Ênfase no Arroz Irrigado

### Introdução

A agricultura moderna tem se caracterizado pelo uso intensivo da terra, na maioria das vezes com monocultivos e com a utilização de altas doses de agrotóxicos e de adubos solúveis. Este tipo de agricultura tem influenciado diretamente a capacidade produtiva das propriedades agrícolas. No entanto, a exigência da sociedade e dos consumidores por produtos mais limpos e seguros tem levado tanto o setor produtivo quanto a pesquisa a adotarem práticas de manejo que substituam este tipo de atividade agrícola por sistemas produtivos mais sustentáveis ambiental e economicamente.

Experiências do setor produtivo, e também da pesquisa, indicam ser possível produzir alimentos sem necessariamente adotar os princípios da agricultura moderna. Atualmente, uma forte tendência observada mundialmente é a transição da agricultura intensiva para uma agricultura sustentável. Dentro deste contexto, o uso de adubos de liberação lenta, onde são utilizados na sua obtenção apenas procedimentos físicos, como é o caso dos fosfatos naturais, se encaixa plenamente dentro desta filosofia.

Outra característica importante diz respeito aos gastos energéticos para a obtenção dos fosfatos naturais, os quais são expressivamente menores do que aqueles necessários para a obtenção de adubos fosfatados solúveis, tais como superfosfatos e outros. Além disso, dependendo do tipo de solo e do respectivo teor e tipo de argila, as perdas por fixação dessas fontes de fósforo são muito maiores do que aquelas observadas com o uso de fosfatos naturais.

Foto: Algenor da S. Gomes



Foto. Caracterização do cultivo do arroz (cv. BRS 6 "Chuí"), no experimento E5. Início do sistema de culturas arroz-milho-soja-arroz.

Atualmente, os insumos destinados à adubação respondem por grande parte dos custos de produção das culturas. Para agravar a situação, os custos aumentaram expressivamente nos últimos anos, chegando, para algumas fórmulas, a duplicar o valor pago por esse tipo de insumo. Em outras palavras, o agricultor hoje para continuar cultivando seu solo enfrentará aumento nos custos de produção, relativos ao ano anterior, sem necessariamente garantir o retorno no final. Neste contexto, o manejo da cultura e do solo torna-se cada vez mais importante para a viabilidade das culturas.

Pelo menos dois impactos são esperados do que foi dito acima: um relacionado à viabilidade econômica da atividade agrícola e outro relacionado aos impactos negativos no ambiente, seja pelo desperdício de energia (incluindo também aspectos econômicos), seja pela perda de fertilizantes nos sistemas de produção.

Neste contexto, estratégias de otimização de sistemas de produção devem contemplar os insumos que entram na lavoura, sejam resíduos gerados nos processos de beneficiamento de produtos na propriedade e/ou dejetos de animais, bem como de fontes externas necessárias ao processo produtivo. No que tange às fontes externas, o nutriente fósforo, merece destaque, tendo em vista os aspectos relacionados à eficiência agrônômica e custos das diferentes fontes desse nutriente, bem como as condições intrínsecas ao solo e o tipo de sistema de manejo da adubação e de culturas adotados.

Com base no exposto, o presente documento abordará sucintamente os resultados obtidos pela Embrapa Clima Temperado com o uso de fosfatos naturais na cultura do arroz irrigado nas safras de 1999 e 2002. Os resultados na íntegra foram publicados nos Boletins de Pesquisa e Desenvolvimento números 20 (GOMES et al., 2005) e 54 (GOMES et al., 2007), os quais podem ser adquiridos junto à Embrapa Clima Temperado.

Inicialmente, foi avaliado o efeito imediato da aplicação de fosfatos naturais sobre a cultura do arroz irrigado e, posteriormente, avaliou-se o efeito residual sobre esta cultura. O sistema de culturas adotado foi o de

cultivos sucessivos de arroz irrigado e deste em rotação com culturas de verão (soja e milho). Neste contexto, o objetivo principal deste documento é contribuir no processo de transição da agricultura convencional para a agricultura orgânica fornecendo informações sobre a possibilidade de uso de fosfatos naturais como fonte de fósforo em sistemas de produção contemplando as culturas do arroz irrigado, milho e soja.

## Aspectos referentes à eficiência da adubação fosfatada na cultura do arroz irrigado

Dentre os questionamentos referentes ao uso de fosfatos naturais como fonte de fósforo para a cultura do arroz irrigado, pelo menos três fatores merecem ser fundamentados: a) disponibilidade do fósforo com o alagamento do solo b) extração de fósforo pela cultura do arroz irrigado e c) natureza física dos fosfatos naturais, para aplicação direta.

Em relação à disponibilidade de fósforo, o alagamento do solo promove um aumento na disponibilidade deste nutriente para as plantas, principalmente pelo aumento na difusão do elemento na solução do solo (compartimento do solo do qual a planta extrairá o nutriente) bem como aumento na quantidade de fósforo na solução do solo, que antes estava preso em condições de sequeiro pelo cálcio e pelo ferro, por exemplo. Segundo pesquisa realizada por Moraes & Freire (1974), com vários solos do Rio Grande do Sul, o fósforo atinge concentrações máximas na solução do solo entre cinco e seis semanas após o seu alagamento. Assim, no cultivo de arroz pré-germinado, por exemplo, o aumento da disponibilidade de fósforo ocorre antecipadamente, em relação à semeadura realizada em solo seco. A dinâmica deste nutriente em solos alagados explica, parcialmente, a resposta limitada do arroz irrigado à adubação fosfatada, mesmo quando os teores de fósforo disponível em solos secos são baixos.

Normalmente, as quantidades médias de fósforo recomendadas para o arroz irrigado correspondem à metade daquelas utilizadas para as espécies de sequeiro, cultivadas nas mesmas condições de solo. Poucas vezes

são verificados aumentos em rendimento que compensem a aplicação de quantidades superiores a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Em relação à fonte de P para o arroz irrigado, é consagrado o uso de fontes solúveis, como o superfosfato triplo (SFT). Todavia, na região Sul do Brasil, já foram realizadas pesquisas, onde na maioria ficou comprovada a eficiência similar de fosfatos naturais (FN) e fosfatos solúveis como fontes de fósforo (P) para o arroz irrigado, no sistema convencional (PATELA, 1964; SCHERER et al., 1974; BACHA et al., 1977; LOPES et al., 1983). Atualmente, a apresentação dos fosfatos naturais na forma farelada, ao invés de em pó, tornou mais fácil a aplicação ao solo e, em razão do menor custo apresentado por unidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , vem se verificando o aumento em sua utilização, principalmente nas culturas de sequeiro, em muitas situações com eficiência similar às fontes solúveis convencionais.

## Alguns resultados obtidos pela Embrapa Clima Temperado

Na Tabela 1 estão apresentados, resumidamente, os sistemas de culturas de verão e o manejo do solo utilizados na implantação e condução dos experimentos, tendo o arroz como cultura principal. Em quatro experimentos, o arroz foi cultivado por três anos no mesmo local (E1; E2; E3; E4). Em dois experimentos, o arroz irrigado foi cultivado em rotação com milho e soja: a) iniciando e encerrando o ciclo de rotação (E5) e b) apenas encerrando o ciclo de rotação (E6). Na implantação o sistema de cultivo foi convencional com incorporação do calcário (E1; E2; E3; E4 e E6) e sem aplicação de calcário (E5). Em todos os experimentos a adubação de implantação foi aplicada após a calagem e incorporada com grade niveladora.

Tabela 1. Descrição dos sistemas de culturas e sistemas de manejo do solo utilizados nos experimentos, conduzido de 1999 a 2005.

| Exp.            | Local | Sist. de culturas      | Manejo do solo   |                 |                           |
|-----------------|-------|------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|
|                 |       |                        | Sist. de cultivo | Calagem         | Adubação                  |
| Implantação     |       |                        |                  |                 |                           |
| E1              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | PG               | Apl. + gradagem | NPK a lanço e incorporado |
| E2              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | SC               | Apl. + gradagem | NPK a lanço e incorporado |
| E3              | GB    | Arroz-Arroz-Arroz      | SC               | Apl. + gradagem | NPK a lanço e incorporado |
| E4              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | SC               | Apl. + gradagem | NPK a lanço e incorporado |
| E5              | ETB   | Arroz-Milho-soja-Arroz | SC               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E6              | ETB   | Milho-soja-arroz       | SC               | Apl. + gradagem | NPK a lanço e incorporado |
| Pós-implantação |       |                        |                  |                 |                           |
| E1              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | PG               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E2              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | SC               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E3              | GB    | Arroz-Arroz-Arroz      | SC               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E4              | ETB   | Arroz-Arroz-Arroz      | PD               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E5              | ETB   | Arroz-Milho-soja-Arroz | PD/SC            | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |
| E6              | ETB   | Milho-soja-arroz       | PD               | Não realizada   | NPK a lanço e incorporado |

ETB = Estação Experimental Terras Baixas; GB = Granja Bretanhas; SC = sistema convencional de cultivo; PG = sistema pré-germinado de cultivo; PD = sistema plantio direto de cultivo.



A Figura 1 foi elaborada com dados extraídos do documento 20, dando ênfase para a comparação entre fosfato solúvel (superfosfato triplo) e fosfato natural reativo de Arad (FNr) para aplicação direta. A produtividade de grãos de arroz em casca, atingiu 7,0 t/ha a partir da aplicação de FNr, que se mostrou semelhante as 6,6 t/ha de grãos obtida com a aplicação de superfosfato triplo. Nas segunda e terceira safras, as culturas do milho e da soja foram cultivadas. O arroz encerrou o ciclo da rotação. Na ocasião da semeadura do arroz, na última safra, não foi realizada a adubação de base ou de pré-plantio, tendo em vista o benefício dos cultivos anteriores de milho e soja, sobre os

teores de nitrogênio e potássio. A adubação fosfatada havia sido realizada na implantação do experimento.

Na avaliação dos resultados contidos na Figura 2, constata-se que a produtividade do arroz irrigado em casca, foi maior nas condições de aplicação do FNr na implantação do estudo. Tal fato pode ser explicado, em parte, pela liberação lenta de fósforo pelos fosfatos naturais, reduzindo a fixação pelo solo. Estes resultados representam uma contribuição aos já existentes, na avaliação de uma única safra, onde são destacadas as baixas respostas do arroz irrigado à adubação fosfatada.

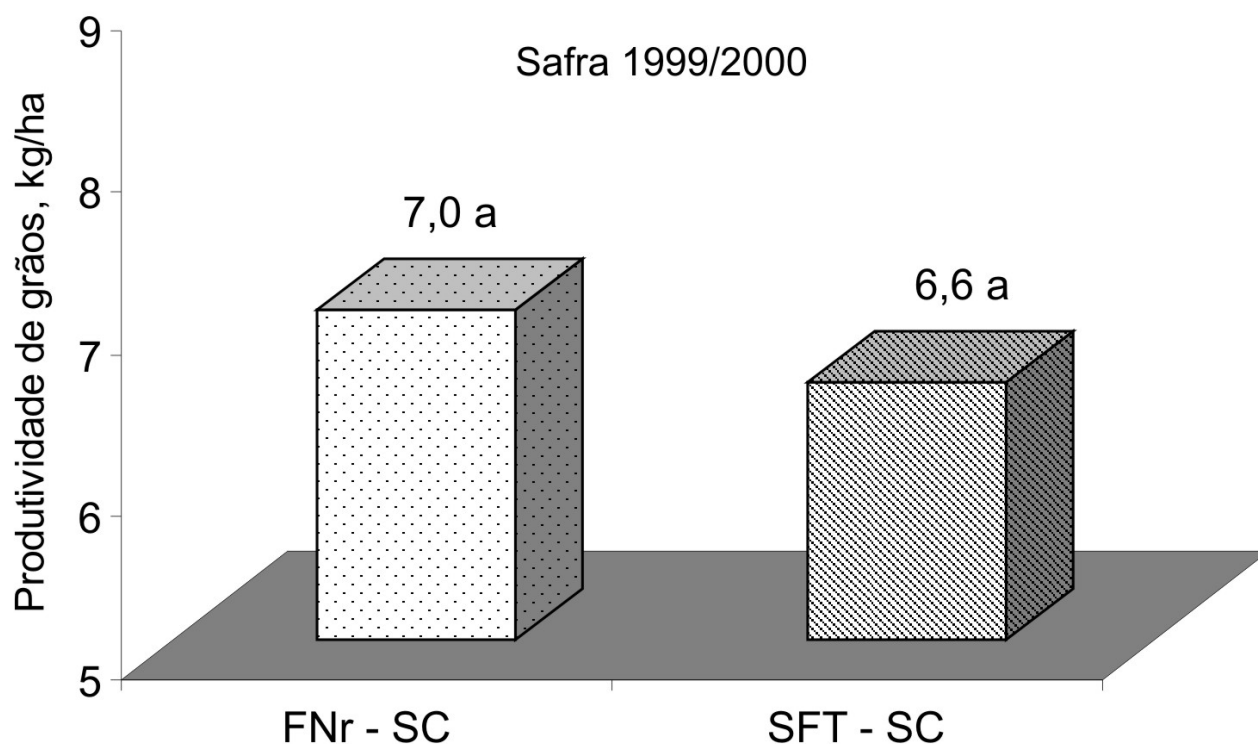


Figura 1. Produtividade média de grãos de arroz no ano de implantação do experimento, com doses de fósforo ( $P_2O_5$ ) variando de 20 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , em sistema convencional (efeito imediato), em função de FNr e SFT.

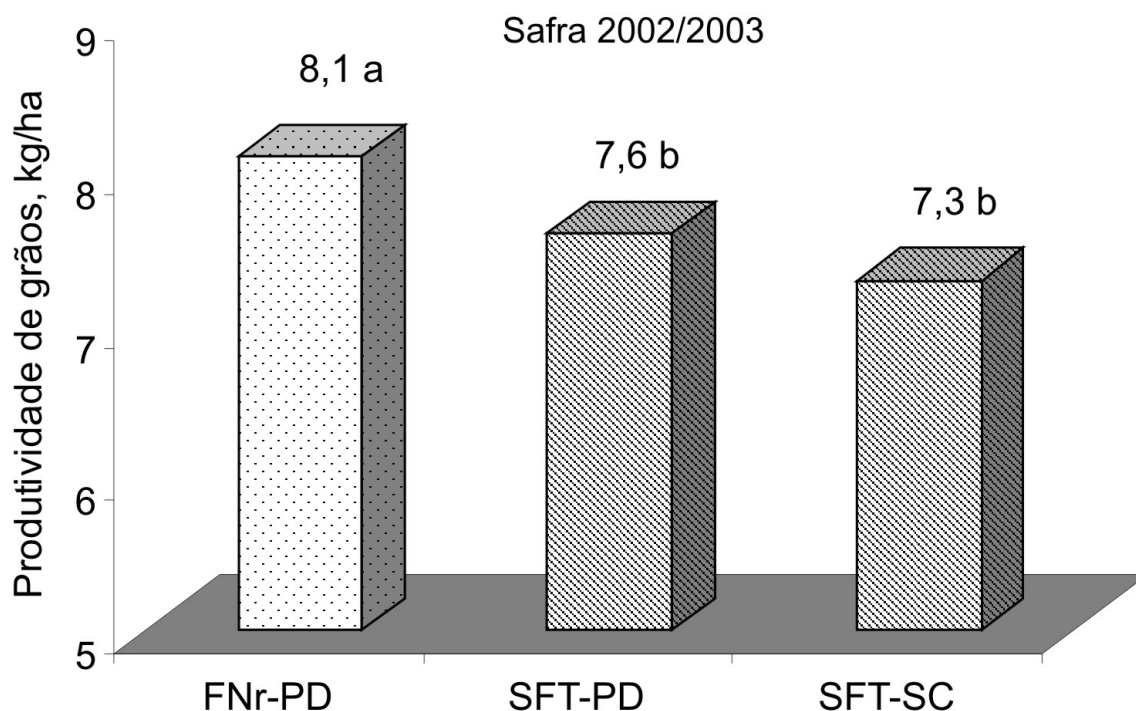


Figura 2. Produtividade média de grãos de arroz resultante do resíduo da adubação fosfatada realizada na implantação do experimento, encerrando o ciclo arroz-milho-soja-arroz com doses de fósforo ( $P_2O_5$ ) variando de 20 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Algumas considerações devem ser feitas em relação aos resultados discutidos na Figura 2. No estudo que contemplou o sistema de rotação arroz-milho-soja-arroz, os níveis de fósforo disponível, inicialmente, para a cultura do arroz irrigado, eram considerados elevados (em média, 10 mg/dm<sup>3</sup>). Logo, seria necessário, na época, aplicar-se 20 kg de  $P_2O_5$ /ha, seguindo as recomendações vigentes para a cultura do arroz irrigado.

Entretanto, considerando o sistema de cultura avaliado as doses de fósforo variam de 0 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , aplicadas apenas na implantação do experimento. Assim, como a adubação fosfatada foi realizada somente na implantação, o fósforo utilizado pelas plantas de arroz (Figura 3), na última safra, foi fornecido pelo solo (nativo) e/ou pelo resíduo do fertilizante aplicado.

Foto: Algenor da S. Gomes



Figura 3. Arroz irrigado (cv. BRS 7 "Taim"). Última cultura do experimento E5, que envolveu o sistema de culturas arroz-milho-soja-arroz.

Nesse contexto os resultados deste estudo levaram à condução de uma série de novos estudos que procuram contemplar cultivos do arroz em diferentes sistemas de culturas e manejo do solo (como identificados na Tabela 1). Os resultados obtidos foram semelhantes aos até aqui apresentados nos demais experimentos envolvendo arroz, com baixa resposta a adubação fosfatada, mesmo com reaplicação anual de fertilizantes, como demonstrado na Tabela 3.

Na Tabela 2 constata-se que as produtividades de arroz obtidas, independentemente de sistemas de cultivo e de local de condução

dos experimentos, mostraram-se semelhantes em função de fontes e doses de P, dentro de uma mesma safra. Por outro lado, quando foram utilizadas culturas de sequeiro no sistema observa-se que as produtividades de milho (1ª safra) se mostraram semelhantes apenas quando foram utilizados 180 kg de  $P_2O_5$ /ha, que corresponde a três vezes a dose de SFT utilizada, que foi de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha. Já na segunda safra quando foi utilizada a cultura da soja estas diferenças não foram tão marcantes. Com a cultura do arroz irrigado, utilizada na terceira safra, sobressaiu-se apenas a produtividade onde foram aplicados 60 kg de  $P_2O_5$ /ha de SFT a cada ano.

Tabela 2. Produtividades médias (t/ha) de arroz irrigado, milho e soja, em diferentes sistemas de cultivo e de culturas, em função da utilização de fosfato natural e fosfato solúvel, em diferentes experimentos.

| Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                     |            |             | Fonte de fósforo    | Produtividade de grãos de arroz (t/ha) |            |             |
|---|------------|-------------|---------------------|--|------------|-------------|
| Prim. safra   | Seg. safra | Terc. safra |                     | Prim. safra                            | Seg. safra | Terc. safra |
| <b>E1:Sistema Pré-germinado (arroz - arroz - arroz)</b>   |            |             |                     |  |            |             |
| 60  | 0          | 0           | Fosfato Natural     | ...                                    | 9,5        | 5,2         |
| 180   | 0          | 0           | Fosfato Natural     | ...                                    | 9,4        | 5,3         |
| 60  | 60         | 60          | Superfosfato Triplo | ...                                    | 9,9        | 5,2         |
| 0   | 0          | 0           | Sem apl. de fósforo | ...                                    | 8,1        | 4,7         |
| <b>E2: Sistema convencional (arroz - arroz - arroz)</b>   |            |             |                     |  |            |             |
| 60  | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 7,3                                    | 6,5        | 7,2         |
| 180   | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 7,4                                    | 6,3        | 7,3         |
| 60  | 60         | 60          | Superfosfato Triplo | 7,5                                    | 6,5        | 6,4         |
| 0   | 0          | 0           | Sem apl. de fósforo | 7,1                                    | 6,2        | 7,2         |
| <b>E3: Sistema convencional (arroz - arroz - arroz)</b>   |            |             |                     |  |            |             |
| 60  | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 5,0                                    | 7,0        | 7,2         |
| 180   | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 5,4                                    | 7,3        | 7,5         |
| 60  | 60         | 60          | Superfosfato Triplo | 5,3                                    | 8,2        | 7,2         |
| 0   | 0          | 0           | Sem apl. de fósforo | 4,6                                    | 7,0        | 6,2         |
| <b>E4: Sistema plantio direto (arroz - arroz - arroz)</b> |            |             |                     |  |            |             |
| 60  | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 9,5                                    | 5,2        | 5,3         |
| 180   | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 9,3                                    | 5,1        | 5,3         |
| 60  | 60         | 60          | Superfosfato Triplo | 8,6                                    | 5,8        | 5,0         |
| 0   | 0          | 0           | Sem apl. de fósforo | 9,0                                    | 5,0        | 5,3         |
| <b>E6: Sistema plantio direto (milho - soja - arroz)</b>  |            |             |                     |  |            |             |
| 60  | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 3,4                                    | 1,4        | 6,6         |
| 180   | 0          | 0           | Fosfato Natural     | 6                                      | 1,5        | 6,6         |
| 60  | 60         | 60          | Superfosfato Triplo | 5,9                                    | 1,7        | 7,3         |
| 0   | 0          | 0           | Sem apl. de fósforo | 3,2                                    | 1,3        | 6,5         |

... = Resultados comprometidos por semeadura fora de época e danos por pássaros.

Na década de 70, intensificaram-se as pesquisas no Brasil sobre a aplicação direta de fosfatos naturais na agricultura. Frequentemente, eram testados utilizando como fonte de comparação os fosfatos solúveis, como o superfosfato triplo. Para tais comparações, foi elaborada a Tabela 3 (com os dados das Figuras 1 e 2 e Tabela 2), a partir da relação entre a produtividade média de grãos de arroz irrigado obtidas com a aplicação de fosfato natural, nas doses 0, 60 e 180 kg/ha de  $P_2O_5$  e o superfosfato

triplo. Em termos relativos, observa-se que a produtividade média de grãos proporcionada pelo uso de fosfato natural como fonte de fósforo correspondeu no mínimo a 90% da produtividade alcançada com a fonte solúvel. Por outro lado, na dose zero (sem aplicação de fósforo), a produtividade correspondeu no mínimo a 85% da produtividade alcançada com o superfosfato triplo, confirmando, para este solo, a baixa resposta do arroz irrigado à adubação.

Tabela 3. Relação entre as produtividades média de grãos de arroz (%), obtidas com fosfato natural e o superfosfato triplo.

| Sistema                         | Teor inicial de fósforo no solo |               | Dose de $P_2O_5$ -FNr |     |     |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|-----|-----|
|                                 | Teor ( $mg\ dm^{-3}$ )          | Interpretação | 0                     | 60  | 180 |
|                                 |                                 |               | ----- % -----         |     |     |
| E1-Pré-germinado                | 1,7                             | Baixo         | 85                    | 97  | 97  |
| E2 - Convencional               | 1,7                             | Baixo         | 100                   | 103 | 103 |
| E3 - Convencional               | 1,0                             | Baixo         | 86                    | 93  | 98  |
| E4 - Plantio Direto             | 1,7                             | Baixo         | 99                    | 103 | 102 |
| E5.1 - Rotação de culturas (SC) | 10,3                            | Alto          | ...                   | 107 | ... |
| E5.2 - Rotação de culturas (PD) | 10,3                            | Alto          | ...                   | 107 | ... |
| E6 - Rotação de culturas (PD)   | 1,7                             | Baixo         | 89                    | 90  | 90  |

... \_ Doses não consideradas no trabalho original.

## Considerações finais

A contribuição deste documento, no processo de transição da agricultura convencional para a agricultura orgânica, refere-se à possibilidade de uso de fosfatos naturais em substituição (total ou parcial) às fontes solúveis de fósforo, na adubação do arroz irrigado. Muitos aspectos relacionados aos fatores associados à baixa resposta do arroz irrigado à adubação fosfatada devem continuar sendo investigados. Desse modo, a tomada de decisão pelo uso de fosfatos naturais em substituição aos fosfatos solúveis deve ocorrer paralelamente a avaliações

de solo e planta, como forma de obter um histórico de adubação específico para cada propriedade. Nesse sentido, sugere-se a implantação de Unidades de Observação, envolvendo a adubação do arroz irrigado, com fosfatos naturais, em pequenas propriedades. Tal estratégia deve ser acompanhada por agricultores, técnicos extensionistas e pesquisadores, como forma de identificar o manejo adequado da adubação fosfatada, para as distintas características das propriedades e condições de manejo do sistema produtivo.

## Referências

BACHA, R.E.; OLIVEIRA, M.A.; SCHERER, C.H.; WOLKSWEISS, S.J. Eficiência de fosfatos naturais em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, 7., 1977, Porto Alegre. Anais. Pelotas: Embrapa - UEPAE/Pelotas: Irga, 1977. p. 1-5.

GOMES, A. da S.; FERREIRA, L.H.G.; SCIVITTARO, W.B.; PEREIRA, R.S.D. Usos de fosfato natural reativo, isolado ou em mistura com fosfato solúvel, em sistemas de cultivo de arroz irrigado no rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 38 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 54);

GOMES, A. da S.; FERREIRA, L.H.G.; BENDER, R.R. Uso de fosfato natural no cultivo de arroz, soja e milho, no sistema plantio direto. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 35 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

LOPES, MS.; BACHA, R.E.; CABRAL, J.T. Efeito da substituição gradativa de fosfato solúvel por fosfato natural sobre o rendimento de grãos de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, 12., 1983, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: Irga, 1983. p. 133-135.

MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em quatro solos submetidos à inundação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 9, n. 9, p. 35-43, 1974

PATELLA, J.F. Efeito residual do fósforo em solos de arroz irrigado. Agrisul, Pelotas. p. 31-35, Junho, 1964.

SCHERER, C.H.; BACHA, R.E.; OLIVEIRA, M.A. Eficiência dos fosfatos em arroz irrigado, em solo Vacacaí. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 4., 1974, Pelotas. Anais. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz; Pelotas: IPEAS, 1974. p. 84-86.

### Circular Técnica, 66



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
Embrapa Clima Temperado  
Endereço: BR 392, Km 78, Caixa Postal 403  
Pelotas, RS - CEP 96001-970  
Fone: (0xx53) 3275-8100  
Fax: (0xx53) 3275-8221  
E-mail: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
[sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

1ª edição  
1ª impressão (2008): 100

### Comitê de publicações

Presidente: *Walkyria Bueno Scivittaro*  
Secretário-Executivo: *Joseane Mary L. Garcia*  
Membros: *Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças Vasconcelos dos Santos*

### Expediente

Supervisor editorial: *Sadi Macedo Sapper*  
Revisão de texto: *Sadi Macedo Sapper*  
Editoração eletrônica: *Oscar Castro*